

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平4-287028

(43)公開日 平成4年(1992)10月12日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>  
 G 0 2 F 1/313  
 H 0 4 B 9/00

識別記号 庁内整理番号  
 7246-2K  
 T 8426-5K

F I

技術表示箇所

(21)出願番号 特願平3-295959  
 (22)出願日 平成3年(1991)11月12日  
 (31)優先権主張番号 6 1 2 3 4 3  
 (32)優先日 1990年11月13日  
 (33)優先権主張国 米国(US)

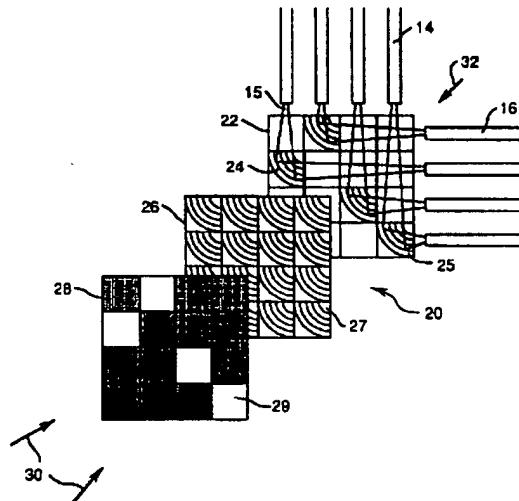
(71)出願人 590002448  
 ロックウェル・インターナショナル・コーポレイション  
 ROCKWELL INTERNATIONAL CORPORATION  
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州、エル・セグンド、イースト・イムペリアル・ハイウェイ、2230  
 (72)発明者 ジヨン・エイチ・ホン  
 アメリカ合衆国、93021 カリフォルニア州、ムーアパーク、サマーシエイド・レン、4059  
 (74)代理人 弁理士 深見 久郎 (外4名)

(54)【発明の名称】光学クロスポイントスイッチモジュール

(57)【要約】 (修正有)

【目的】エネルギー効率が良く、コンパクトな光学スイッチモジュールを得る。

【構成】スイッチモジュールは基板上に非線形の光学材料の薄膜導波路22と、その一端縁に配列される入力光ファイバのアレー14と、第2の端縁に配列される出力光ファイバのアレー16とを含む。ホログラムとして非線形の媒体内に書込むべき格子パターンを含む膜26は、導波路上方に位置付けられ、空間光線モジュレータ(SLM)28はその上に位置付けられてコヒーレントなまたは非コヒーレントな光線30によって上方から照射される。非線形の媒体に書込まれたホログラムは、導波路の入力から出力にビームを回折する。ホログラムは、入力から出力への光線ビーム分配をするため非線形の媒体に書込まれた後、媒体下方からの均一な露光により消去されるので、SLMのマスキングパターンを変えることによりスイッチされる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光学スイッチモジュールであって、基板と、前記基板上に設置された平面状の導波路とを含み、前記基板および／または前記平面状の導波路は非線形の光学媒体を含み、前記導波路上に設置されたパターン化されたフィルムを含み、前記フィルムは格子パターンを有し、前記パターン化されたフィルムの選択されたセクションに対応する前記非線形の媒体のセクションにおいて複数個のホログラムとして前記格子パターンを書込むため、光線に前記パターン化されたフィルムの前記選択されたセクションを同時にさらすための手段を含み、複数個の光線ビームを入力するように前記導波路に接続される複数個の入力光ファイバを含み、前記複数個の光線ビームの各々は、前記複数個のホログラムの対応の1つにより回折され、前記導波路に接続される複数個の出力光ファイバを含み、前記出力光ファイバの各々は、前記ホログラムにより回折された前記複数個の光線ビームの対応の1つを受け取る、光学スイッチモジュール。

【請求項2】 前記パターン化されたフィルムは複数個のセクションを含み、前記フィルムセクションの各々は前記非線形の媒体の前記対応のセクションの各々において特定的なホログラムを書込むために設計された格子パターンを有する、請求項1に記載の光学スイッチモジュール。

【請求項3】 前記特定的なホログラムの各々は、前記出力光ファイバの対応の1つに、前記入力光線ビームの対応の1つを回折しかつ合焦する、請求項2に記載の光学スイッチモジュール。

【請求項4】 前記露出手段は前記パターン化されたフィルム上に設置される空間光線モジュレータを含む、請求項3に記載の光学スイッチモジュール。

【請求項5】 前記空間光線モジュレータは選択的に前記ホログラムが書込まれる、前記非線形の媒体の前記セクションに対応する透明なセクションを与える、請求項4に記載の光学スイッチモジュール。

【請求項6】 前記空間光線モジュレータは複数個のパネルセクションを有する液晶ディスプレイパネルを含み、前記パネルセクションの各々は透明なモードと不透明なモードとの間で切換え可能である、請求項5に記載の光学スイッチモジュール。

【請求項7】 前記ホログラムは永続的であるが消去可能であり、かつ前記スイッチモジュールは前記非線形の媒体に書込まれた前記ホログラムを消去するため、前記基板下方からの光線にさらされることが可能である、請求項1に記載の光学スイッチモジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【技術分野】 この発明は光学通信システムに関し、さらに特定的には、複数個の光源および受信機を相互接続するためのモジュール光学スイッチに関するものである。

## 【0002】

【発明の背景】 大きな帯域幅の光ファイバおよび光電子装置を使用する遠距離通信ネットワークは、それらの電子対応装置よりもさらに多くの情報を運ぶことが可能である。このようなネットワークは、伝送前に光学信号にできるだけ多くの情報を入れるのに種々の多重化機構を使用する。しかしながら、光学ネットワークの性能はスイッチングおよび信号処理機能によって制限され、それらは電子装置を使用して現在実施される。これらの機能は光学エネルギーの検出および再放射、電子スイッチングおよび処理装置の制限された帯域幅、ならびに入力光線と出力光線との間の非コヒーレンスから起こるシステムボトルネックをもたらす。それゆえ、光学スイッチング技術が大きな帯域幅の光ファイバを利用しつつ未来の遠距離通信要求を満足させるために開発されることは必要である。

【0003】 一般的には、光学スイッチングシステムはM源とM受信機との間の相互接続の全順列の中でスイッチすることが必要とされる。光学スイッチングへの一つの試みは、光学入力を論理出力するため空間光線モジュレータと協働して円筒状のレンズを使用するもので、入力アレーの各ファイバからの光線は出力アレーを通して提供される。このようなシステムの主な欠点は、入力信号の論理出力のため、N源およびN受信機のアレーに対するエネルギー効率が $1/N$ よりも劣ることである。さらに、遠距離通信と同様に、もし出力ファイバが单一モードファイバであるなら、光信号を单一モードファイバに結合する際にモード不整合から生じる $1/N$ の付加的な論理入力損失率が存在する。このように、理論効率は $1/N^2$ になり、それは大きなNに対して非常に効率が悪い。光学スイッチングはまたL i N b O<sub>3</sub>統合された光学スイッチで達成され得る。しかしながら、統合された光学スイッチはチャネルごとに可変の性能を有する傾向があり、かつ $4 \times 4$ 以上のアレーに対して物理的に受諾できない大きさになる。先行の光学スイッチング装置の付加的な欠点は、各接続が共有不可能な独特のチャネルを通じて実現されることである。その結果、このような装置はいかなるチャネルにおける欠陥のあるスイッチに対しても容範囲を持たない。このように、少なくとも $8 \times 8$ アレーの光源と受信機との間での相互接続およびスイッチングに対して適切で、コンパクトかつ効果的な光学スイッチモジュールに対する必要性が存在する。

## 【0004】

【発明の概要】 この発明はM×M光学クロスポイントスイッチモジュールを含む。スイッチモジュールは、基板上に設置された薄膜平面状の導波路を含む。導波路および／または基板は非線形の光学媒体を含む。M光ファイバの一次元のアレーは、M光学信号ビームを入力するため、導波路の一端縁に沿って配列される。M出力光ファイバの類似のアレーは、M光学出力ビームを運ぶため導

波路の第2の端縁に沿って配列される。格子ホログラムとして非線形の媒体に書込まれるべき格子パターンを含むフィルムは、導波路上に設置される。空間光線モジュレータ(SLM)はパターン化されたフィルムの上に位置付けられかつコヒーレントなまたは非コヒーレントな光線のどちらかで上方より照射される。フィルムの格子パターンが、非線形の媒体の選択された領域に位置付けられた格子ホログラムのアレーとして書込まれ得るように、空間光線モジュレータが選択的なマスクとして機能する。ホログラムが非線形の媒体に書込まれると、導波路に入る入力ビームを導波路の第2の端縁に沿って、選択された出力ファイバに回折する。フィルムの格子パターンは、たとえば、非線形の媒体のスイッチング領域におけるホログラムが出力光ビームの合焦を提供するよう設計されてもよく、それによってチャネル間の漏話を減ずる。

【0005】非線形の媒体において書込まれる格子ホログラムは、特定的な入力から出力への光線ビーム分配方式を提供する。新しい分配方式が要求されるとき、現在のホログラムは、たとえば、媒体下方に位置付けられる光源に非線形の媒体を均一に露光することにより消去され得る。その後、SLMのマスキングパターンは変化され得、かつ新しい格子ホログラムは新しい光線ビーム分配方式を提供するため非線形の媒体に書込まれ得る。

【0006】この発明の一実施例において、導波路よりむしろ基板が非線形の光学媒体を含む。たとえば、基板上に生成された光屈折材料の導波路は、おそらく光屈折軸が最適以下で配列されるだろう薄膜であるので、薄い導波路に効果的なホログラムを書込むことは困難である。しかしながら、光屈折材料で製造された基板は、実質的には導波路よりも厚くてもよく、かつ最適に配列された光屈折軸で配向することができる。この形状において、ホログラムは基板に書込まれるが、導波路を通り抜ける光線の減衰テールは、導波路内の光線ビームが基板のホログラムによって効果的に回折されるようにする。

【0007】この発明のより完全な理解かつさらにその長所に対して、以下の好ましい実施例の詳細な説明は添付の図面を参照して行なわれる。

#### 【0008】

【好ましい実施例の詳細な説明】図1は、複数個の出力光ファイバ16に複数個の入力光ファイバ14を相互接続する、平面状薄膜の、非線形の導波路12を含む、非線形の光学スイッチ10の概念を例示している簡略化された概略図である。入力ファイバ14からの(矢印によって例示される)光線ビームは導波路12においてコリメートされかつ導波路12の非線形の媒体において書込まれる格子ホログラム18により出力ファイバ16に回折される。公知であるように、ホログラムは、上方から非線形の媒体内に導かれた(示されていない)一対の可

視的な書込みビームの相互作用により、非線形の光学媒体内に書込まれてもよい。この発明においては、格子ホログラム18は、入力光ファイバおよび出力光ファイバとの間の特定的な相互接続機構をもたらすように、例示されるような導波路12の選択された領域内に書込まれる。光線ビームの回折角は示されるような直交パターンに限定されないが、非線形の媒体の特性および格子ホログラム18のライン間隔により決定される。導波路12の非線形の媒体の適切な選択により、光ファイバ入力光線は好ましくは、1.3または1.5μmの波長では、ホログラムによって回折されるが、他の点では可視光線によっては非線形の媒体に書込まれた格子に影響しない。たとえば、BaTiO<sub>3</sub>光屈折結晶に書込まれたポリュームホログラムは、514.5nmの波長で可視光線ビームで書込まれかつ633nmの波長で読み出されるとき、40%までのネット回折効率を示してきた。しかしながら、1.3または1.5μmでのほとんどの光屈折結晶における低い散乱および吸収損失は、「1」に近いネット回折効率を産出すべきである。

【0009】この発明の光学クロスポイントスイッチモジュール20は、分解図として図2において概略的に例示される。上記に記述されるように、複数個の入力光ファイバ14は対応の複数個の光線ビーム15を平面状の導波路22に入力するように位置付けられる。導波路22は一般的に、図2には示されないが、基板上に設置された非線形の光学材料の薄膜を含む。この発明において使用される非線形の光学材料は、たとえば、BaTiO<sub>3</sub>、LiNbO<sub>3</sub>およびSBNのような光屈折結晶、または種々の有機的な非線形の光学材料を含み得る。この発明において機能するには、非線形の光学材料は、そこでは永続的であるが消去可能な格子ホログラムが書込まれ得るタイプでなければならない。動作においては、光線ビーム15は、導波路22の非線形の媒体に書込まれた格子ホログラム24により回折されかつ複数個の出力光ファイバ16により受け取られる。

【0010】スイッチモジュール20は、導波路22に格子ホログラム24を書込むため、導波路22上に位置付けられるパターン化されたフィルム26を利用する。図2において例示されるように、フィルム26は複数個

40 のパターン化されたセクション27を持つことができ、各セクション27は導波路22の対応のセクションに対して設計された格子パターンを有する。セクション27の格子パターンは、図1において格子ホログラム18によって例示されるような、直線格子を含むことができる。しかしながら、フィルムの各セクションの格子パターンは、導波路22の各対応のセクションに対して特定的に設計されてもよく、かつ同時に1.3および1.5μmの波長を扱うような波長多重化または、図2において例示されるような、光線ビーム15を出力ファイバ16に回折しかつ合焦するような特有の効果のために配向

されてもよい。個々の光線ビーム15を合焦することは、導波路22におけるチャネル間の漏話を減ずる効果を有する。

【0011】空間光線モジュレータ(SLM)28は、導波路22の選択されたセクションに格子ホログラム24の書き込みを容易にするためパターン化されたフィルム26上に位置付けられる。SLM28は、たとえば、液晶ディスプレイ(LCD)パネルを含んでもよい。SLM28の機能は、セクション29のように選択されたセクションを光線に対して透明にすることであり、かつ残りのセクションを不透明にすることである。SLM28は、透明なモードと不透明なモードとの間でSLM28の選択されたセクションをスイッチするため、技術において周知であるような(示されていない)関連の電気回路を含む。

【0012】スイッチモジュール20は、格子ホログラム24が出力への光学入力の所望された相互接続を行うために必要であるような導波路22のセクションに対応するSLM28における透明なセクションをまず確立することによって動作される。矢印30によって表わされるようなコヒーレントなまたは非コヒーレントな光線源は、導波路22に格子ホログラムを書き込むためモジュール20の上から方向付けられる。光線30は、セクション29のようなSLM28の透明なセクションを通って、セクション27のようなパターン化されたフィルム26の対応するセクションを通って、かつセクション25における格子ホログラムのような導波路22の所望のセクションにフィルム26の格子パターンを書き込むため導波路22内に到達する。格子ホログラム24は、光学入力と出力との間に特定的な相互接続機構を確立するため、導波路22内に書き込まれた後、書き込み光線30はターンオフされる。書き込み光線30がオフされると、格子ホログラム24は相互接続機構を維持するためさらにそれ以上のエネルギーを必要としない、というのはホログラムは非線形の媒体の緩和特性により指図されるように大変ゆっくりと減衰するからである。

【0013】矢印32によって表わされるような変調されない光源は、導波路22において格子ホログラムを消去するための機構を提供するように、導波路22の下方(すなわち、パターン化されたフィルム26に対向の導波路22の側面)に位置付けられてもよい。光線32が導波路22を均一に照射するためにターンオンされるとき、いかなる存在のホログラムも導波路22の非線形の媒体から効果的に消去される。ホログラムが消去されるのに伴なって、光線32はターンオフされ、透明なセクションの新しい配置がSLM28に与えられ、光線30はターンオンされ、かつ新しい格子ホログラム24が光学入力および出力のための新しい相互接続機構をスイッチするために導波路22内に書き込まれる。モジュール20に対するスイッチング時間はホログラム消去および

再書き込み時間によって制限され、それらは消去および書き込み光学強度に反比例している。たとえば、商業的に入手可能なBaTiO<sub>3</sub>において、1W/cm<sup>2</sup>の光学電力密度は約1秒のスイッチング時間を提供するだろう。この時間は、添加物濃度を増加し、さらに1.3~1.5μmの波長で低い吸収を維持することにより、たとえば、SBNのような強誘電結晶において改良され得る。

【0014】最小サイズの格子ホログラム18および24は、Δnが2×10<sup>-4</sup>である指数振動振幅を仮定することにより求めることができ、それはBaTiO<sub>3</sub>およびSBNのような強誘電光屈折材料に対して典型的である。もしもΔnが光屈折材料における光線の波長でありかつθが入力ブレーグ(Bragg)角であるなら、「1」の回折に対応する寸法は、λcosθ/2nΔn=1mmであり、そこで次のパラメータは、λ=1.3μm、n=2.3およびθ=45°に想定される。それゆえ、各格子ホログラムのサイズは2mm×2mmのオーダでなければならない。これらの制限の下で、8×8クロスポイントスイッチモジュール20は少なくとも1.6cm×1.6cmでなければならない。このサイズは、先行の光学カプラと比較したとき大変好都合である。さらに、より大きなスイッチング能力は、多段式のスイッチングネットワークを形成するため短い光ファイバで8×8スイッチモジュールのアレーを相互接続することにより達成され得る。

【0015】図2において示されるスイッチモジュール20の実施例は明らかにこの発明の概念を例示しているが、非線形の導波路22の使用は、少なくとも非線形の媒体を含む光屈折結晶では、非実施的であることが判明するかもしれない。スイッチモジュール20において、そこでは導波路22のみが非線形の材料を含み、書き込みビーム30の大部分のエネルギーは、典型的に1μmの厚さよりも薄い導波路22を含んでいる薄膜がビーム30のエネルギーをほとんど吸収できないために、無駄にされてしまう。さらに、基板上に薄膜光屈折材料の単一結晶を育てることは困難であり、かつ書き込み格子ホログラムに対して最適に整列された光屈折軸を有するこのような結晶を成長させることは不可能であろう。

【0016】図3は非線形の光学材料を含む基板34を有するこの発明のスイッチモジュール33の端縁図を例示している。図3において示されように、導波路35は基板34上に設置され、パターン化されたフィルム36は導波路35上に設置され、かつSLM38はパターン化されたフィルム36上に設置される。スイッチモジュール33において、導波路35は、導波路35の光線伝達可能な特性を最適化するため、たとえば、PLZTセラミックのような非結晶の薄膜を含んでもよい。基板34は、導波路35よりも実質的により厚くなることができ、基板34において格子ホログラムの込みを最適化するため配列された光屈折軸を有する光屈折結晶を含ん

でもよい。図3で示されるように、矢印40によって表わされる光線の書き込みビームは、基板34の非線形の媒体におけるホログラム42のようにフィルム36の格子パターンを書込むためSLM38の透明なセクションを通過する。ホログラム42は上記に記述されたようにスイッチモジュール20に関して消去されてもよく、再書き込みされてもよい。

【0017】スイッチモジュール33の動作において、モジュール33によってスイッチされるべき光線のビーム44は導波路35に入力される。導波路35における光線ビーム44のエネルギー分配は導波路35および基板34上を薄く覆うカーブ46によって表わされる。カーブ46によって例示されるように、ビーム44のほとんどどのエネルギーは導波路34内に制限される。しかしながら、ビーム44の減衰テール48は、ビーム44が導波路35に従って進む際に、基板34に延在する。基板34におけるホログラム42との減衰テール48の相互作用は、あたかもホログラムが導波路35に書き込まれているかのように、全ビーム44をホログラム42によって回折されるようにする。この効果は迅速で、効果的でかつコンパクトな光学スイッチモジュールを提供するため、導波路35の光線伝達可能な特性および基板34の非線形の特性を最適化するために設計において柔軟性を可能化する。

【0018】この発明はその特定的な実施例に関して記述されてきたが、種々の変形および修正が当業者により

示唆されるであろう。それゆえ、この発明は前掲の特許請求の範囲内で行なわれるこのような変形および修正をも包括することを意図するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】薄膜光学導波路スイッチの簡略化した概略図である。

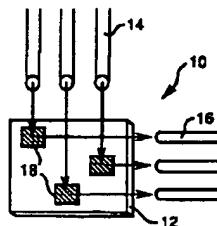
【図2】非線形の光学媒体を含む、平面状の導波路に書き込まれた回折ホログラムを有する、この発明の光学クロスポイントスイッチモジュールの概略図である。

【図3】非線形の光学媒体を含む、基板に書き込まれた回折ホログラムを有する、この発明の光学スイッチモジュールの実施例の端縁図である。

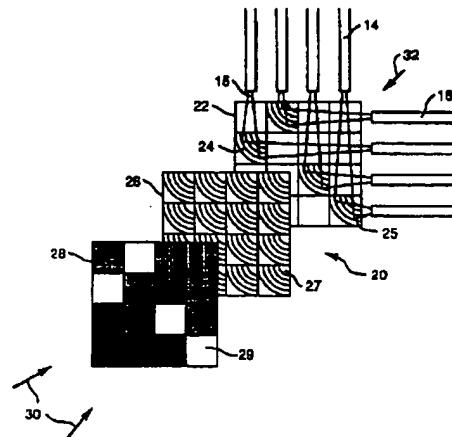
【符号の説明】

14	入力光ファイバ
15	光線ビーム
16	出力光ファイバ
20	スイッチモジュール
22	導波路
24	格子ホログラム
25	セクション
26	フィルム
27	セクション
28	空間光線モジュレータ(SLM)
29	セクション
30	書き込み光線
32	光線

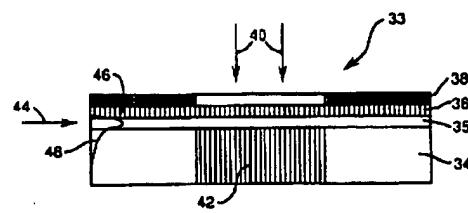
【図1】



【図2】



【図3】



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **04-287028**  
 (43)Date of publication of application : **12.10.1992**

(51)Int.CI.

**G02F 1/313**  
**H04B 10/02**

(21)Application number : **03-295959**  
 (22)Date of filing : **12.11.1991**

(71)Applicant : **ROCKWELL INTERNATL CORP**  
 (72)Inventor : **HONG JOHN H**

(30)Priority

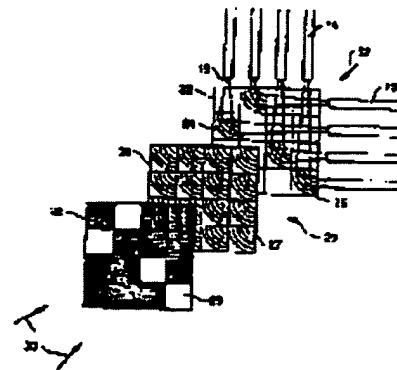
Priority number : **90 612343** Priority date : **13.11.1990** Priority country : **US**

## (54) OPTICAL CROSSPOINT SWITCH MODULE

### (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a compact optical switch module of excellent energy efficiency.

CONSTITUTION: This switch module is provided with the thin film waveguide 22 of a nonlinear optical material, the array 14 of input optical fibers arrayed on one of the end edges and the array 16 of output fibers arrayed on a second end edge on a substrate. A film 26 including a grating pattern to be written inside a nonlinear medium as a hologram is positioned at the upper part of the waveguide and a space light beam modulator(SLM) 28 is positioned on it and irradiated from the upper part with coherent or non-coherent light beams 30. The hologram written in the nonlinear medium diffracts beams from the input to the output of the waveguide. Since the hologram is eliminated by uniform exposure from the lower part of the medium after being written in the nonlinear medium so as to perform light beam distribution from the input to the output, switching is performed by changing the masking pattern of the SLM and writing a new hologram to the nonlinear medium.



[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office